

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-058829  
(43)Date of publication of application : 04.03.1994

(51)Int. Cl. G01L 5/00  
B25J 15/08  
B25J 19/02  
G01L 1/00

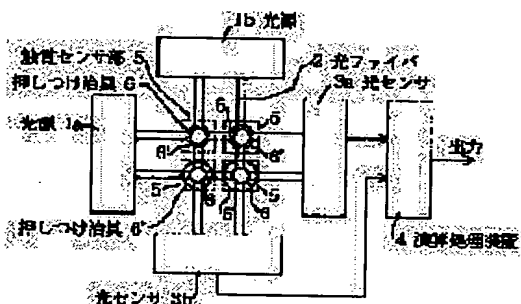
(21)Application number : 04-232810 (71)Applicant : YASKAWA ELECTRIC CORP  
(22)Date of filing : 08.08.1992 (72)Inventor : NOMURA AKIHIRO  
ARINAGA YUJI  
HASEGAWA HIDENORI  
MATONO MASAO

### (54) OPTICAL TACTILE SENSOR

#### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To enable the computing and detecting of a force working on the tactile sensor sections accurately by varying the attenuation factors of light rays with optical fibers with respect to the tactile pressure of the sensor sections.

**CONSTITUTION:** Light rays from light sources 1a and 1b are admitted through one end of optical fibers 2. The light rays admitted into the fibers 2 are transmitted through a tactile sensor section 5 and received with photosensors 3a and 3b provided at other ends of the fibers 2. Optical fiber pressing jigs 6 and 6' (6 for upper one and 6' for lower one) have areas enough to press the optical fibers and for all varying pressing thereof. Therefore, when the same force works, possible deformation of the fibers 2 is varies. The attenuation ratio of light has a value varying at tactile sensor sections 5 of the respective fibers 2. Even when the clad thickness of the fibers is changed at the sensor sections 5, the attenuation factor of the light for the force is varied in value for the fibers 2 and enables the detection of a force distribution faithfully likewise.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)【発行国】日本国特許庁(JP)

## (12)公開特許公報(A)

(11)【公開番号】特開平6-58829

(43)【公開日】平成6年(1994)3月4日

(51)【国際特許分類第5版】

G01L 5/00 101 Z 8505-2F

B25J 15/08 W 8611-3F

19/02

G01L 1/00 B

【審査請求】未請求【請求項の数】3【全頁数】5

(21)【出願番号】特願平4-232810

(22)【出願日】平成4年(1992)8月8日

(71)【出願人】

【識別番号】000006622

【氏名又は名称】株式会社安川電機

【住所又は居所】福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

(72)【発明者】

【氏名】野村 章博

【住所又は居所】福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 株式会社安川電機内

(72)【発明者】

【氏名】有永 雄司

【住所又は居所】福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 株式会社安川電機内

(72)【発明者】

【氏名】長谷川秀法

【住所又は居所】福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 株式会社安川電機内

(72)【発明者】

【氏名】的野 正生

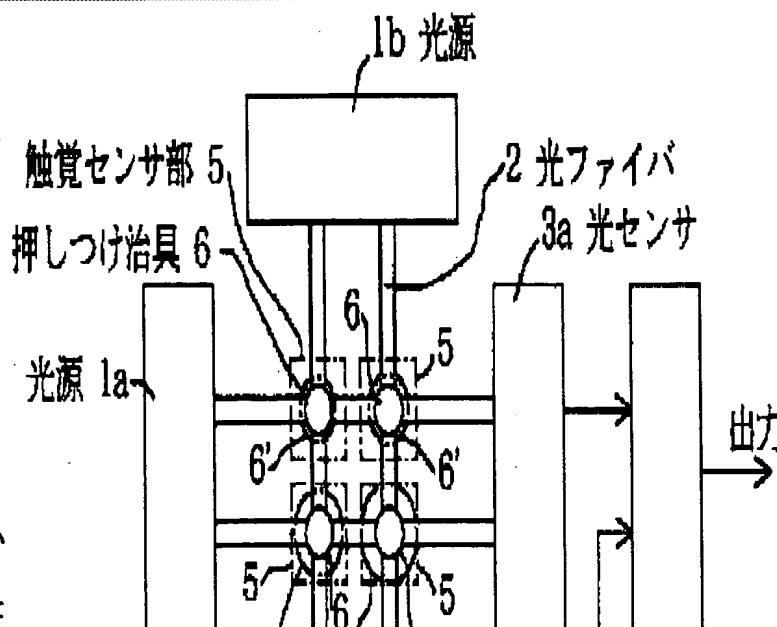
【住所又は居所】福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 株式会社安川電機内

(54)【発明の名称】光学式触覚センサ

(57)【要約】

【構成】光ファイバを格子状に配置してその交点を触覚センサ部となし、各光ファイバの一方端から光を入射し他端において光量を検出し、各光ファイバの光量の減衰量から各触覚センサ部に加わる力を演算・検出する光学式触覚センサにおいて、前記触覚センサ部の触覚圧に対する光減衰率を各触覚センサ部の各ファイバで可変にすることにより各触覚センサ部に加わる力を演算・検出するようにしたもの。

【効果】各触覚センサ部の光ファイバの力に対する光の減衰率を変化させているので、従来の触覚センサにおいては区別不可能であった同じ総和でも力分布が異なる状態を区別すること



ができ、力分布を忠実に検出できる光学式触覚センサを形成できる。

#### 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光ファイバを格子状に配置してその交点を触覚センサ部となし、各光ファイバの一方端から光を入射し他端において光量を検出し、各光ファイバの光量の減衰量から各触覚センサ部に加わる力を演算・検出する光学式触覚センサにおいて、前記触覚センサ部の触覚圧に対する光減衰率を各触覚センサ部の各ファイバで可変にすることにより各触覚センサ部に加わる力を演算・検出する光学式触覚センサ。

【請求項2】 触覚センサ部のファイバ押しつけ治具の面積を変化させることにより各ファイバの触覚圧に対する光減衰率を変化させる請求項1記載の光学式触覚センサ。

【請求項3】 触覚センサ部の光ファイバのクラッド厚を変化させることにより各ファイバの触覚圧に対する光減衰率を変化させる請求項1記載の光学式触覚センサ。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、触覚センサに係わり、特に産業用ロボットのハンドなどに適用して物体を掴んだときその物体の接触位置及び接触圧を同時に測定する分布形の光学式触覚センサに関する。

##### 【0002】

【従来の技術】従来、触覚センサとして光ファイバを格子状に配置し、光ファイバの片端から光を入射し、光ファイバの交点を触覚センサ部となしそこに加わる力による光ファイバの変形による光の減衰量を各光ファイバ毎に設けた光検出器でモニタし、各減衰量から、対象物体が接触する位置及びその接触圧を測定する方式が提案されている(例えば、特願 平3-3440274)。図5は、このような従来の触覚センサの構成を示したものである。1a・1bはLED・レーザ・放電管などの光源である。2は光ファイバであり、上層と下層の格子状に配置される。その交点が触覚センサ部5となる。3a・3bは光センサで、光の強度を検出する。4は演算処理装置である。各光源1a・1bからの光は、各光ファイバ2の片端から入射される。この各光ファイバに入射した光は触覚センサ部5を透過し、各光ファイバ2の他端に配置された光センサ3a・3bで受光される。対象物が触覚センサ部5に接触圧力を加えるとき交点をなす各光ファイバはそれぞれ変形を受ける。その結果光ファイバを透過する光の全反射の条件が崩れ触覚センサ部5に加わった力に応じた光の漏れが起きる。その結果対象物体がふれた触覚センサ部の光ファイバ中の光量は減少する。各々の光センサ3a・3bからの光強度信号から演算処理装置4において各触覚センサ部5における光の減衰を求めて対象物体との触覚位置及び接触圧力を得る事ができる。

##### 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、従来技術では触覚センサ部をなす2本の光ファイバにおける減衰は同じであるため加わる力の総和が等しい二つの状態すなわち格子の対角成分のみに力が加わった状態(図6(a))とそれを対角線とする四角形の各点に力が加わった状態(図6(b))を区別できない。すなわち、各触覚センサ部に加わる力による光の減衰量は、図4に示すようにx方向の光の減衰量 $p_1$ ・ $p_2$ 、y方向の光の減衰量 $q_1$ ・ $q_2$ を計測しただけでは区別する事ができない。本発明では、この問題点を解決し、2つの状態を区別し各計測点に加わる力を正確に演算・検出できる光学式触覚センサを提案するものである。

##### 【0004】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明は光ファイバを格子状に配置してその交点を触覚センサ部となし、各光ファイバの一方端から光を入射し他端において光量を検出し、各光ファイバの光量の減衰量から各触覚センサ部に加わる力を演算・検出する光学式触覚センサにおいて、前記触覚センサ部の触覚圧に対する光減衰率を各触覚センサ部の各ファイバで可変にすることにより各触覚センサ部に加わる力を演算・検出するものである。上記減衰率を変える第1の方法は、触覚センサ部の光ファイバを押しつける面積を変える事である。上記減衰率を変化させる第2の方法は、触覚センサ部に於いて光ファイバの特性を変える事である。

##### 【0005】

【作用】上記手段により、同じ総和の力が加わっても、各触覚センサ部のファイバ押しつけ面積が異なるため同じ力に対する光ファイバの変形量は異なるものとなり、力に対する光の減衰率分布が生じる。又触覚センサ部において光ファイバの特性(減衰率)が異なるとやはり同じ力が働いたときの光の減衰は異なったものとなり、力に対する光の減衰率分布が生じる。各触覚センサ部において、力に対する光の減衰率分布が生じると、同じ総和の力が加わっても、加わる力の分布が変われば、

観測される光ファイバ光の減衰は異なったものとなる。

【0006】

【実施例】以下、本発明の実施例を図に基づいて説明する。図1は、本発明の第1の実施例を示す構成図である。図において6、6'は光ファイバ押しつけ治具(6は上、6'は下)である。各光ファイバを押しつける押しつけ治具の面積は、すべて異なる面積を持つ。そのため同じ力が働いた時、光ファイバの受ける変形は異なったものとなり、光の減衰率は各光ファイバの各触覚センサ部において異なる値を持つ。図2をもとに各触覚センサ部に働く力と光減衰率の関係を説明する。(a)は各触覚センサ部に働く力の分布、(b)は上層ファイバの光減衰率分布、(c)は下層ファイバの光減衰率分布を示す。ここで、 $a_{22} > a_{21} > a_{12} > a_{11} > b_{11} > b_{12} > b_{21} > b_{22}$ および、 $a_{11} + b_{11} = a_{12} + b_{12} = a_{21} + b_{21} = a_{22} + b_{22} = 2$ となるように光減衰率が与えられているとする。モデルとして力が整数値をとる場合を考える。上層に対して光の減衰は、 $a_{11} * f_{11} + a_{12} * f_{12} = p_1$   $a_{21} * f_{21} + a_{22} * f_{22} = p_2$  下層に対して  $b_{11} * f_{11} + b_{21} * f_{21} = q_1$   $b_{12} * f_{12} + b_{22} * f_{22} = q_2$  観測される光の減衰  $p_1, p_2, q_1, q_2$  に以下のアルゴリズムを適用して加わった力の分布を演算・検出する。

【0007】アルゴリズム(ステップ1)・・・各触覚センサ部の初期値を与える。 $f_{ij}(0) = \text{INT}\{((p_1 + p_2 + q_1 + q_2) * p_i * q_j) / (2 * (p_1 + p_2) * (q_1 + q_2))\}$  ( $i, j = 1, 2$ ) 式(1)ここで、INTは少数点以下を4捨5入する演算を表す。(ステップ2)  $r_i(n) = a_{i1} * f_{i1}(n) + a_{i2} * f_{i2}(n)$ , ( $i = 1, 2$ )  $s_j(n) = b_{1j} * f_{1j}(n) + b_{2j} * f_{2j}(n)$ , ( $j = 1, 2$ ) をそれぞれ計算する。ここで、下記数式1ならば列の間で移動を行う。

【0008】

【数1】

$$\sum_{i=1}^2 |r_i(n) - p_i| > \sum_{j=1}^2 |s_j(n) - q_j|$$

【0009】すなわち、 $q_1 - s_1(n) > 0$  ならば  $f_{11}(n+1) = f_{11}(n) - 1$   $f_{21}(n+1) = f_{21}(n) + 1$   $q_1 - s_1(n) < 0$  ならば  $f_{11}(n+1) = f_{11}(n) + 1$   $f_{21}(n+1) = f_{21}(n) - 1$   $q_2 - s_2(n) > 0$  ならば  $f_{12}(n+1) = f_{12}(n) - 1$   $f_{22}(n+1) = f_{22}(n) + 1$   $q_2 - s_2(n) < 0$  ならば  $f_{12}(n+1) = f_{12}(n) + 1$   $f_{22}(n+1) = f_{22}(n) - 1$

【0010】

【数2】

$$\sum_{j=1}^2 |s_j(n) - q_j| > \sum_{i=1}^2 |r_i(n) - p_i|$$

【0011】数式2ならば行の間で同様の移動を行う。

【数3】

$$\sum_{i=1}^2 |r_i(n) - p_i| + \sum_{j=1}^2 |s_j(n) - q_j|$$

数式2を繰り返して数式3が最小となるときの  $f_{ij}(n)$  が求める解となる。図3(b)は  $a_{11}, a_{12}, a_{21}, a_{22}$ 、(c)は  $b_{11}, b_{12}, b_{21}, b_{22}$  に具体的な値をいれた例を示す。このような触覚センサに(1)の場合として  $(f_{11}, f_{12}, f_{21}, f_{22}) = (4, 0, 0, 4)$  (2)の場合として  $(f_{11}, f_{12}, f_{21}, f_{22}) = (2, 2, 2, 2)$  の力が働いた場合を考える(図4)。この2つの場合は、従来の光ファイバ触覚センサではどちらも同じ光の減衰値を観測し2つを区別する事はできない。本発明を適用する場合観測される光の減衰は、(1)の場合  $(p_1, p_2, q_1, q_2) = (4, 4, 5, 6, 3, 6, 2, 4)$  (2)の場合  $(p_1, p_2, q_1, q_2) = (4, 6, 5, 4, 3, 2, 2, 8)$  と違った観測値を与える。これを上述のアルゴリズムに従って検出する。(1)の場合(ステップ1)・・・各触覚センサ部の初期値を与える。

【0012】

【数4】

$$\begin{pmatrix} f_{11}(0) & f_{12}(0) \\ f_{21}(0) & f_{22}(0) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 3 & 2 \end{pmatrix}$$

【0013】(ステップ2)  $n=1$   $r_1(0)=3.4$ ,  $r_2(0)=6.7$   $s_1(0)=3.9$ ,  $s_2(0)=2.0$   $|p_1-r_1(0)| + |p_2-r_2(0)| = 2.1$   $|q_1-s_1(0)| + |q_2-s_2(0)| = 0.7$  によって列の間で移動を行う。

【0014】

【数5】

$$\begin{pmatrix} f_{11}(1) & f_{12}(1) \\ f_{21}(1) & f_{22}(1) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 2 & 3 \end{pmatrix}$$

【0015】 $n=2$   $r_1(1)=3.3$ ,  $r_2(1)=6.8$   $s_1(1)=4.1$ ,  $s_2(1)=1.8$   $|p_1-r_1(1)| + |p_2-r_2(1)| = 2.3$   $|q_1-s_1(1)| + |q_2-s_2(1)| = 1.1$  によって列の間で移動を行う。

【0016】

【数6】

$$\begin{pmatrix} f_{11}(2) & f_{12}(2) \\ f_{21}(2) & f_{22}(2) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4 & 0 \\ 1 & 3 \end{pmatrix}$$

【0017】 $n=3$   $r_1(2)=4.4$ ,  $r_2(2)=5.5$   $s_1(2)=4.3$ ,  $s_2(2)=1.8$   $|p_1-r_1(2)| + |p_2-r_2(2)| = 0$   $|q_1-s_1(2)| + |q_2-s_2(2)| = 0.1$  によって行の間で移動を行う。

【0018】

【数7】

$$\begin{pmatrix} f_{11}(3) & f_{12}(3) \\ f_{21}(3) & f_{22}(3) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4 & 0 \\ 0 & 4 \end{pmatrix}$$

【0019】数式7となり、加わった力は検出される。(2)の場合(ステップ1)・・・各触覚センサ部の初期値を与える。

【0020】

【数8】

$$\begin{pmatrix} f_{11}(0) & f_{12}(0) \\ f_{21}(0) & f_{22}(0) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 & 2 \\ 2 & 2 \end{pmatrix}$$

【0021】数式8となり、2つの場合とも検出される。図4に本発明の第2の実施例を示す。 $N \times N$ 個の触覚センサ部を持つ場合も、 $2 \times 2$ 個の場合と同様に押しつけ治具の面積を変えることにより、各光ファイバの力に対する光減衰率を変化させ、第1の実施例と同様なアルゴリズムにより各触覚センサ部に加わる力を検出することができる。本発明の第3の実施例として、各触覚センサ部において光ファイバのクラッドの厚さを変えると、力に対する光の減衰率は各光ファイバにおいて異なる値を持ち、第1の実施例と同様なアルゴリズムにより各触覚センサ部に加わる力を検出することが出来る。

【0022】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば各触覚センサ部の光ファイバの力に対する光の減衰率を変化させているので、従来の触覚センサにおいては区別不可能であった同じ総和でも力分布が異なる状態を区別することができ、力分布を忠実に検出できる光学式触覚センサを形成できるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例を示す構成図。

【図2】本発明の第1の実施例における検出方法を説明するための図。

【図3】図2の減衰率の具体的な値の図。

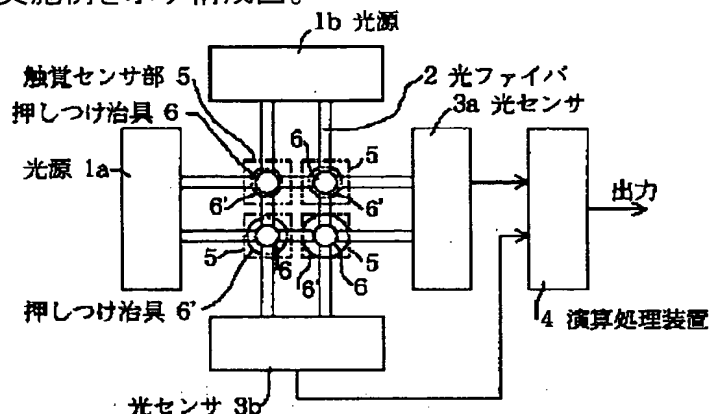
【図4】本発明の第2の実施例を示す構成図。

【図5】従来の触覚センサを示す構成図。

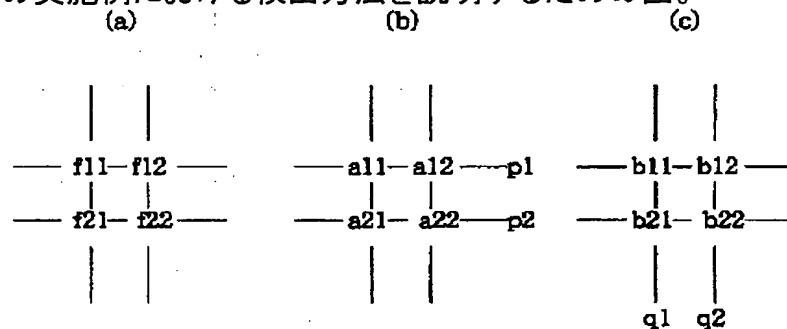
【図6】図5の減衰率の具体的な値の図

【符号の説明】1a、1b 光源 2 光ファイバ 3a、3b 光センサ 4 演算処理装置 5 触覚センサ部 6、6' 押しつけ治具

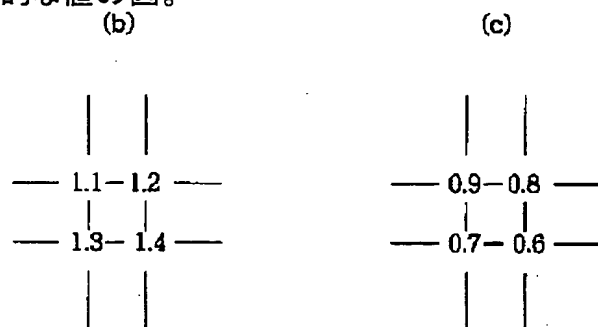
【図1】本発明の第1の実施例を示す構成図。



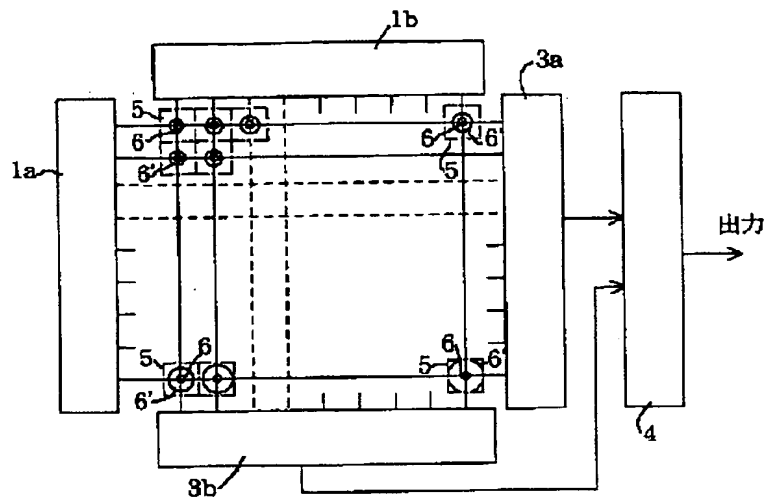
【図2】本発明の第1の実施例における検出方法を説明するための図。



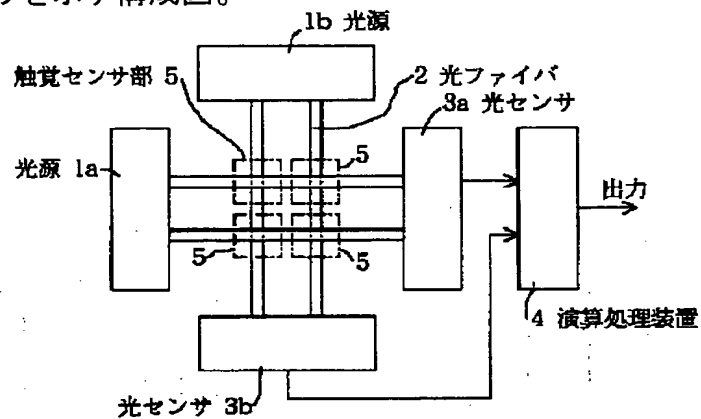
【図3】図2の減衰率の具体的な値の図。



【図4】本発明の第2の実施例を示す構成図。



【図5】従来の触覚センサを示す構成図。



【図6】図5の減衰率の具体的な値の図

